

*Ministry of Higher Education  
and Scientific Research  
University of Baghdad*



# **Terahertz Radiation Generation by Nonlinear Interaction of Intense Laser Beam with Magnetoplasma**

**By**

**Munther Baqir Hassan**

**A Thesis**

**Submitted to the Institute of Laser for Postgraduate Studies, University  
of Baghdad in Partial Fulfillments for the Requirements for the Degree  
of Doctor of Philosophy in Laser/ Physics**

**1433 AH**

**2012 AD**

## ***Abstract***

The present work introduces a theoretical study to produce a terahertz (THz) radiation as a result of the nonlinear interaction of high intense laser beam with magnetoplasma under the paraxial ray approximation. The relativistic change of electron mass leads to self focusing of laser beam when the initial power of laser beam is greater than its critical power. Proposing a collisionless process, the self focused laser beam with right circular polarization (whistler mode) couples with the pre-existing density ripple to produce a nonlinear current driving the THz radiation at the difference frequency. The applied magnetic field enhances the nonlinear coupling through cyclotron resonance. Theoretical analysis and numerical calculations show that this THz source is capable of providing power of more than Giga watt (GW) level.

The nonlinear behavior of extraordinary laser beam through magnetoplasma has been calculated by considering the relativistic nonlinearity where the laser in extraordinary mode (X-mode) propagates perpendicularly on the static magnetic field which is exerted perpendicularly on the laser electric field. THz wave is generated in magnetosonic mode by the nonlinear interaction of self focused X-mode laser beam and upper hybrid wave (UHW), as long as the phase matching conditions of the three waves (X-mode laser, UHW and terahertz wave ) are fulfilled. A theoretical model of the THz electric field is designed and numerical calculations have been achieved which explain that the relativistic self focusing and external magnetic field have a crucial role to enhance THz radiation power density.

The changing of the plasma density and incident laser intensity lead to vary the self focusing of the laser beam inside plasma and thus the THz radiation power will be varied in both longitudinal and transverse external

magnetic fields geometries. The self focusing is occurring stronger within shorter propagation distance due to relativistic nonlinearity and hence the THz wave power will be enhanced as long as the plasma density and incident laser intensity are increased.



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة بغداد  
معهد الليزر للدراسات العليا

# توليد شعاع تيراهرتز بواسطة التفاعل اللاخطي لحزمة ليزرية شديدة مع بلازما ممغنطة

رسالة مقدمة إلى  
معهد الليزر للدراسات العليا  
جامعة بغداد  
لاستكمال متطلبات نيل درجة  
دكتوراه فلسفة في الليزر/ الفيزياء

من قبل

منذر باقر حسن الخاقاني

٢٠١٢ م

١٤٣٣ هـ

## الخلاصة

كنتيجة للتفاعل اللاخطي بين حزمة ليزرية THz هذه الأطروحة نُقدّم دراسة نظرية لإنتاج شعاع ذات شدة عالية وبلازما ممغنطة باستخدام تقريب الشعاع المحوري.

إن التغيّر النسبي لكتلة الألكترون يؤدي إلى التبوّر الذاتي لحزمة الليزر وذلك عندما تكون القدرة الابتدائية لحزمة الليزر أكبر من القدرة الحرجة. بفرض التفاعل اللاتصادمي بين الحزمة الليزرية (whistler mode) والبلازما، فإن الحزمة الليزرية المتبثرة ذاتيا ذات الإستقطاب الدائري اليميني

تقترب مع بلازما متموجة الكثافة والمثارة ابتداء لإنتاج تيار لاخطي والذي ينتج بدوره شعاع عند فرق التردد بين تردد موجة الليزر وتردد موجة البلازما. إن المجال المغناطيسي THz الخارجي يحسّن الإقتران اللاخطي من خلال الرنين السيكلتروني. التحليلات النظرية والحسابات Giga Watts هذا قادر على تجهيز قدرة تصل إلى حدود THz العديدة تبين أن مصدر شعاع

خلال البلازما الممغنطة تم (Extraordinary) السلوك اللاخطي لحزمة الليزر الغير إعتيادية إحتسابه وذلك بالأخذ بنظر الإعتبار اللاخطية النسبية حيث إن نمط الحزمة الليزرية غير

الإعتيادية ينتشر عموديا على المجال المغناطيسي الخارجي وله (الليزر) إستقطاب عمودي على (magnetosonic) بنمط صوتي- مغناطيسي تتولد THz المجال المغناطيسي الخارجي. موجة

Upper من خلال التفاعل اللاخطي للحزمة الليزرية المتبثرة ذاتيا مع موجة هجينة عليا طالما أن شروط التطابق الطوري للموجات الثلاثة، موجة الليزر Hybrid (UHW) Wave متحققة. لقد تم بناء موديل نظري للمجال الكهربائي THz وموجة UHW الغير إعتيادية وموجة وتم إجراء حسابات عديدة والتي أوضحت أن التبوّر الذاتي والمجال المغناطيسي THz للموجة THz الخارجي لهما دور حاسم في تحسين شدة شعاع

إن تغيير كثافة البلازما وشدة الليزر الساقط سيغير التبوّر الذاتي لحزمة الليزر داخل البلازما الناتج في كلا حالتي المجال المغناطيسي الطولي والعرضي. إن THz وبالتالي سيغير شدة شعاع التبوّر الذاتي يحدث بشكل أقوى وخلال مسافة إنتشار أقصر بسبب اللاخطية النسبية وهذا بدوره

وذلك بزيادة كثافة البلازما وشدة الليزر يؤدي إلى تحسين قدرة شعاع

THz وذلك بزيادة كثافة البلازما وشدة الليزر.